

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

A_xP_yN_iM_yN_zO₂

I

PUBLICATION NUMBER : 11040153
PUBLICATION DATE : 12-02-99APPLICATION DATE : 18-07-97
APPLICATION NUMBER : 09193612

0.05 ≤ w ≤ 1.2

II

APPLICANT : HITACHI LTD;

0.0001 ≤ v ≤ 0.2

III

INVENTOR : MURANAKA TADASHI;

INT.CL. : H01M 4/58 H01M 4/02 H01M 4/62
H01M 10/40

0.5 ≤ x ≤ 0.95

IV

TITLE : BATTERY

0.005 ≤ y ≤ 0.5

V

0 ≤ z ≤ 0.2

VI

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To improve battery characteristic by using an element which forms a compound with an alkali metal and a carbon material having no element, which forms a compound with an alkali metal for a negative electrode active material and specifying the composition of a positive electrode active material.

SOLUTION: At least one bind of element which forms a compound with an alkali metal and a carbon material containing no element which forms a compound with an alkali metal are used for a negative electrode active material, and at least one kind of material to be used for a positive electrode active material is a compound oxide having Formula I (in the formula, A stands for one or more metals selected from among alkali metals, P is one or more kinds of elements selected from among Mg, B, P, and In, M is one or more kinds of elements selected from Mn, Co, And Al, N for one or more kind of element selected from among Si, Al, Ca, Cu, Sn, Mo, Nb, Y, and Bi, and w, v, z, y, z for the numbers of respective formulas II, III, IV, V, VI) and a mixture of the material with graphite having 150 or higher Lc, and a carbon black having 50 m²/g or lager specific surface area as conductive agents is used as the composition for the positive electrode active material.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

AM3

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-40153

(43)公開日 平成11年(1999)2月12日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	F I	
H 01 M	4/58	H 01 M	4/58
4/02		4/02	C
			D
4/62		4/62	Z
10/40		10/40	Z
		審査請求 未請求 請求項の数 7 O.L (全 10 頁) 最終頁に統く	

(21)出願番号	特願平9-193612	(71)出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22)出願日	平成9年(1997)7月18日	(72)発明者	井川 享子 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
		(72)発明者	鶴岡 重雄 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
		(72)発明者	吉川 正則 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
		(74)代理人	弁理士 小川 勝男 最終頁に統く

(54)【発明の名称】電池

(57)【要約】

【課題】二次電池の放電時における過電圧の低下を防止する。

【解決手段】Mg, B, P, Inから選ばれた少なくとも1種であり、Mn, Co, Alから選ばれた少なくとも1種であり、Si, Al, Ca, Cu, Sn, Mo, Nb, Y, Biから選ばれた少なくとも1種を表わされる複合酸化物であり、正極活性質の導電剤としてLcが150Å以上の黒鉛と比表面積が50m²/g以上のカーボンブラックとの混合物を使用する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】負極、正極、リチウム塩を含む非水電解質からなる可逆的に複数回の充放電が可能な電池に関し、該負極活物質の少なくとも一種はアルカリ金属と化合物を形成する元素とアルカリ金属と化合物を形成しない元素とを含む炭素材料であり、かつ、前記正極活物質の少なくとも一種は、一般式 $A_wP_vN_i_xM_yN_zO_2$ （但しAはアルカリ金属から選ばれた少なくとも1種であり、PはMg、B、P、Inから選ばれた少なくとも1種であり、MはMn、Co、Alから選ばれた少なくとも1種であり、NはSi、Al、Ca、Cu、Sn、Mo、Nb、Y、Biから選ばれた少なくとも1種を表わし、w、v、x、y、zはそれぞれ $0.05 \leq w \leq 1.2$ 、 $0.0001 \leq v \leq 0.2$ 、 $0.5 \leq x \leq 0.95$ 、 $0.05 \leq y \leq 0.5$ 、 $0 \leq z \leq 0.2$ の数を表わす）で示される複合酸化物であり、前記正極活物質の導電剤としてLcが 150 \AA 以上の黒鉛と比表面積が $50\text{ m}^2/\text{g}$ 以上のカーボンブラックとの混合物を使用することを特徴とする電池。

【請求項2】前記負極活物質のアルカリ金属と化合物を形成する元素として、鉛、錫、アルミニウム、珪素、インジウム、ガリウム、銀、ほう素、マグネシウムからなる群より選ばれた少なくとも一つ以上の元素を含み、かつ、アルカリ金属と化合物を形成しない元素として、鉄、銅、コバルト、ニッケル、リン、硫黄、セレンからなる群より選ばれた少なくとも一つ以上の元素を含むことを特徴とする請求項1記載の電池。

【請求項3】前記アルカリ金属と化合物を形成する元素とアルカリ金属と化合物を形成しない元素とは、単体、金属間化合物、酸化物のうちの少なくとも一つもしくはこれらの複数個の組合せで前記炭素材料上に存在することを特徴とする請求項1記載の電池。

【請求項4】前記アルカリ金属と化合物を形成する元素とアルカリ金属と化合物を形成しない元素とを、粒径が 1000 \AA 以下の粒子状にして炭素材料に担持させることを特徴とする請求項1記載の電池。

【請求項5】前記負極活物質として、グラファイト、熱分解グラファイト、炭素繊維、気相成長炭素質材料、ピッチ系炭素質材料、コークス系炭素質材料、フェノール系炭素質材料、レーヨン系炭素質材料、ポリアクリロニトリル系炭素質材料、グラッシャーカーボン、カーボンブラック、フルフリルアルコール系炭素質材料、ポリバラフエニレン等導電性材料からなる群より選ばれた低結晶性炭素、高結晶性炭素のうちの少なくとも一つあるいはこれらを複数個組合せた炭素材料を含むことを特徴とする請求項1記載の電池。

【請求項6】電解液として、プロピレンカーボネート、プロピレンカーボネート誘導体、エチレンカーボネート、ブチレンカーボネート、ビニレンカーボネート、ガシマープチルラクトン、ジメチルカーボネート、ジエチ

ルカーボネート、メチルエチルカーボネート、1,2-ジメトキシエタン、2-メチルテトラヒドロフラン、ジメチルスルフォキシド、1,3-ジオキソラン、ホルムアミド、ジメチルホルムアミド、ジオキソラン、アセトニトリル、ニトロメタン、ギサンメチル、酢酸メチル、プロピオン酸メチル、プロピオン酸エチル、リン酸トリエステル、トリメトキシメタン、ジオキソラン誘導体、ジエチルエーテル、1,3-プロパンサルトン、スルホラン、3-メチル-2-オキサゾリジノン、テトラヒドロフラン、テトラヒドロフラン誘導体、ジオキソラン、1,2-ジエトキシエタン、および/または、これらのハロゲン化物からなる群より選ばれた少なくとも一つ以上の非水溶媒と、 LiClO_4 、 LiBF_4 、 LiPF_6 、 LiCF_3SO_3 、 LiCF_3CO_2 、 LiAsF_6 、 LiSbF_6 、 $\text{LiB}_{10}\text{C}_{110}$ 、 LiAlC_{14} 、 LiCl 、 LiBr 、 LiI 、低級脂肪族カルボン酸リチウム、クロロボランリチウム、四フェニルホウ酸リチウムなどからなる群より選ばれた少なくとも一つ以上のリチウム塩との混合溶液、および/または、これらの混合溶液と、ポリアクリロニトリル、ポリエチレンオキサイド、ポリフッ化ビニリデン、ポリメタクリル酸メチル、ヘキサフロロプロピレンからなる群より選ばれた少なくとも一つ以上のポリマとを混合したゲル状電解液を用いる請求項1に記載の電池。

【請求項7】ノートパソコン、ペン入力パソコン、ポケットパソコン、ノート型ワープロ、ポケットワープロ、電子ブックプレーヤー、携帯電話、コードレスフォン子機、ページャー、ハンディーターミナル、携帯コピー、電子手帳、電卓、液晶テレビ、電気シェーバー、電動工具、電子翻訳機、自動車電話、トランシーバー、音声入力機器、メモリーカード、バックアップ電源、テープレコーダー、ラジオ、ヘッドホンステレオ、携帯プリンター、ハンディクリーナー、ポータブルCD、ビデオムービー、ナビゲーションシステム、冷蔵庫、エアコン、テレビ、ステレオ、温水器、オープン電子レンジ、食器洗い器、洗濯機、乾燥器、ゲーム機器、照明機器、玩具、ロードコンディショナー、医療機器、自動車、電気自動車、ゴルフカート、電動カート、電力貯蔵システムに請求項1に記載の電池を使用することを特徴とする請求項1に記載の電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は可逆的に複数回の充放電が可能な電池に係り、特に非水電解液を用いた二次電池に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、二次電池はパソコンや携帯電話などの電源として、あるいは電気自動車や電力貯蔵用の電源として、なくてはならない重要な構成要素の一つとなっている。

【0003】携帯型コンピュータ（ペンコンピュータと呼ばれるものも含む）や携帯情報端末（Personal Digital Assistant、あるいはPersonal Intelligent Communicator、あるいはハンドヘルド・コミュニケーター）といった移動体通信（モービル・コンピューティング）が必要とされる要求として、小型化、軽量化が挙げられる。

【0004】しかし、液晶表示パネルのバックライトや描画制御によって消費される電力が高いことや、二次電池の容量が現状ではまだ不十分であることなどの点から、システムのコンパクト化、軽量化が難しい状況にある。

【0005】さらに、地球環境問題の高まりとともに排ガスや騒音を出さない電気自動車が関心を集めている。しかし、現状の電池ではエネルギー密度、出力密度が低いことから走行距離が短い、加速性が悪い、車内のスペースが狭い、車体の安定性が悪いなどの問題点が生じている。

【0006】二次電池の中でも特に非水電解液を用いたリチウム二次電池は、電圧が高く、かつ軽量で、高いエネルギー密度が期待されることから注目されている。この二次電池の正極材料としては、ポリアニリン、ポリアセニン、ポリパラフェニレンなどの導電性高分子や Li_xCoO_2 、 Li_xNiO_2 、 $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$ 、 Li_xFeO_2 、 V_2O_5 、 Cr_2O_5 、 MnO_2 などの遷移金属の酸化物、 TiS_2 、 MoS_2 などのカルコゲナイト化合物等が代表的である。特に特開昭55-136131号公報で開示されている Li_xCoO_2 、 Li_xNiO_2 等の二次電池正極は Li 金属を負極として用いた場合4V以上の起電力を有することから高エネルギー密度が期待できる。

【0007】しかし、これらは現実には実際に利用しうる容量がまだ低い、あるいは寿命が短いなどの他、充放電時における過電圧、自己放電特性や高温特性などの点でまだ充分な性能とは言えない。また、過充電時に正極活性物質が発熱分解し熱暴走を起こして、電池が発火、爆発するなど、安全性の面でも問題があった。従来、正極の高容量化、長寿命化を達成するため、さまざまな活性物質組成が提案されている。

【0008】例えば、サイクル特性を改善するものとしては、正極活性物質に化学式 Li_xMO_2 （MはCo、Ni、Fe、Mnのうちから選択される1種又は2種以上の元素を表す）で示されるリチウム含有複合酸化物を用いること（特開平2-306022号公報）、あるいは化学式 $\text{Li}_x\text{MyGe}_z\text{O}_p$ （MはCo、Ni、Mnから選択される1種以上の遷移金属元素、 $0.9 \leq x \leq 1.3$ 、 $0.8 \leq y \leq 2.0$ 、 $0.01 \leq z \leq 0.2$ 、 $2.0 \leq p \leq 4.5$ ）で示される複合酸化物を用いること（特開平7-29603号公報）が開示されている。

【0009】また、サイクル特性、自己放電特性を改善するものとしては、 $\text{A}_x\text{MyN}_z\text{O}_2$ （Aはアルカリ金属か

ら選ばれた少なくとも1種であり、Mは遷移金属であり、NはAl、In、Snの群から選ばれた少なくとも1種を表わし、 $0.05 \leq x \leq 1.10$ 、 $0.85 \leq y \leq 1.00$ 、 $0.001 \leq z \leq 0.10$ ）で示される複合酸化物を使用することが（特開平7-176302号公報）、また、容量、サイクル特性を改善するものとしては、 $\text{Li}_{1-x}\text{N}_{i(1-x)}\text{M}_x\text{O}_2$ （MはCu、Zn、Nb、Mo、Wの群から選ばれる少なくとも1種の元素、 $0 < x < 1$ 、 $0.9 \leq y \leq 1.3$ ）で示される複合酸化物を使用する（特開平6-283174号公報）ことなどが開示されている。

【0010】また、サイクル特性を改善し、負荷特性を高くするものとしては、化学式 $\text{Li}_{x}\text{Mg}_y\text{Co}_z\text{Ni}_{1-y-z}\text{O}_a$ （ $0.95 \leq x \leq 1.05$ 、 $0.02 \leq z \leq 0.15$ ならば、 $0.003 < y < 0.02$ 、 $z < 0.02$ ならば、 $0.003 < y < 0.05$ 、 $a = 2$ ）で示される複合酸化物を用いること（特開平8-185863号公報）などが開示されている。

【0011】さらに、充放電時における過電圧を低下させ、容量劣化を抑えるため、正極に添加する導電剤として、一次粒径の平均が $0.1 \mu\text{m}$ 以下のカーボンブラックと平均粒径が $20 \mu\text{m}$ 以下の黒鉛との混合材料を使用する（特開平8-222206号公報）ことなどが開示されている。

【0012】負極材料に関しては Li^{+} イオンをドープ、脱ドープできる高結晶性黒鉛や非晶質炭素が主として使用されている。

【0013】しかし、これらは現実には実際に利用しうる容量がまだ低い、あるいは寿命が短い、負荷特性が低いなどの他、急速充電や過充電時に Li が樹枝状に負極表面に析出し、ショートを起こしたり、不可逆な容量が大きくなったり、電池が発火、爆発するなどの問題があった。

【0014】従来、負極の高容量化、負荷特性の改善を達成するため、例えば、芯を形成する高結晶性炭素粒子の表面をVIII族の金属元素を含む膜で被覆し、その上にさらに炭素を被覆させた複合体を用いる（特開平5-299073号公報）ことが提案されている。サイクル特性を改善するものとしては、 $\text{H}/\text{C} < 0.15$ 、面間隔 $> 3.37 \text{ \AA}$ 、 $\text{Lc} < 150 \text{ \AA}$ の炭素物質と Li と合金化が可能な金属との混合物を用いる（特開平2-121258号公報）ことが提案されている。また、高容量化できるものとして、黒鉛に酸化銅を付着させたものを使用する（特開平5-136099号公報）ことなどが提案されている。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】正極活性物質に化学式 Li_xMO_2 （MはCo、Ni、Fe、Mnのうちから選択される1種又は2種以上の元素を表す）で示されるリチウム含有複合酸化物を用いる場合、サイクル寿命は改善される。しかし、容量の面では充分な特性とは言い難い。また、電圧が低下するなどの欠点を有する。 A_xMy

N_xO_2 (Aはアルカリ金属から選ばれた少なくとも1種であり、Mは遷移金属であり、NはAl, In, Snの群から選ばれた少なくとも1種を表し、 $0.05 \leq x \leq 1.10$, $0.85 \leq y \leq 1.00$, $0.001 \leq z \leq 0.10$)で示される複合酸化物を使用する場合にも同様にサイクル寿命は改善されるが、実際に充放電に利用しうる容量は低下するため高容量化には至らない。正極活物質に化学式 $L_i_xM_yGe_zO_p$ (MはCo, Ni, Mnから選ばれる1種以上の遷移金属元素, $0.9 \leq x \leq 1.3$, $0.8 \leq y \leq 2.0$, $0.01 \leq z \leq 0.2$, $2.0 \leq p \leq 4.5$)で示される複合酸化物を用いる場合、容量、サイクル寿命の点では改善される。

【0016】しかし、過充電時の熱暴走反応を抑制することはできない。 $Li_yNi_{(1-x)}M_xO_2$ (MはCu, Zn, Nb, Mo, Wの群から選ばれる少なくとも1種の元素、 $0 < x < 1$, $0.9 \leq y \leq 1.3$)で示される複合酸化物を使用する場合や化学式 $L_i_xMg_yCo_zNi_{1-y-z}O_a$ ($0.95 \leq x \leq 1.05$, $0.02 \leq z \leq 0.15$ ならば、 $0.003 \leq y \leq 0.02$, $z < 0.02$ ならば、 $0.003 \leq y \leq 0.05$, $a = 2$)で示される複合酸化物を用いる場合にも同様である。

【0017】正極に添加添加する導電剤として、一次粒径の平均が $0.1 \mu m$ 以下のカーボンブラックと平均粒径が $20 \mu m$ 以下の黒鉛との混合材料を使用することにより、充放電時における過電圧を低下させ、サイクル劣化を抑制できる。しかし粒径の制御だけでは、急速放電特性、すなわちレート特性を改善することはできない。このように、二次電池用正極材料の高容量化、長寿命化、充放電時における過電圧の低下、レート特性の改善に加えて、安全性の面で充分な改善方法はあまり見出されていない。

【0018】また、負極活物質に芯を形成する高結晶性炭素粒子の表面をVIII族の金属元素を含む膜で被覆し、その上にさらに炭素を被覆させた複合体を用いる場合、表面の炭素がリチウムのインターカレーションを助けるため容量が増大し、負荷特性も改善される。しかし、過充電時の L_i の樹枝状析出物の生成を抑制できないため、電池内で電解液や正極と反応して爆発を起こし、安全性の面で問題が残る。 $H/C < 0.15$, 面間隔 $> 3.37 \text{ \AA}$, $L_c < 150 \text{ \AA}$ の炭素物質と L_i と合金化が可能な金属との混合物を用いる場合、見かけ上サイクル寿命が改善されるが、サイクルが長期化すると L_i と合金化する金属の膨張収縮が大きいために崩壊、脱落が起こり、充分なサイクル寿命は得られない。

【0019】黒鉛に酸化銅を付着させたものを使用する場合、高容量が得られるが、過充電時の L_i の樹枝状析出物の生成を抑制できない。

【0020】このように、従来の正極と負極の組合せでは、高容量化、長寿命化、充放電時における過電圧の低下、レート特性の改善を達成でき、かつ、過充電時にお

いて爆発、発火のない安全性の高い電池は得られていない。

【0021】本発明は二次電池用材料のこれらの電池特性の改善を図ることを目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】本発明の電池は、負極活物質の少なくとも一種はアルカリ金属と化合物を形成する元素とアルカリ金属と化合物を形成しない元素とを含む炭素材料であり、かつ、前記正極活物質の少なくとも一種は、一般式 $A_wP_vNi_xM_yN_zO_2$ (但しAはアルカリ金属から選ばれた少なくとも1種であり、PはMg, B, P, Inから選ばれた少なくとも1種であり、MはMn, Co, Alから選ばれた少なくとも1種であり、NはSi, Al, Ca, Cu, Sn, Mo, Nb, Y, Biから選ばれた少なくとも1種を表し、w, v, x, y, zはそれぞれ $0.05 \leq w \leq 1.2$, $0.0001 \leq v \leq 0.2$, $0.5 \leq x \leq 0.95$, $0.005 \leq y \leq 0.5$, $0 \leq z \leq 0.2$ の数を表わす)で示される複合酸化物であり、前記正極活物質の導電剤として L_c が 150 \AA 以上の黒鉛と比表面積が $50 \text{ m}^2/\text{g}$ 以上のカーボンブラックとの混合物を使用することを特徴とする。

【0023】本発明の新規な電池における正極活物質は一般式 $A_wP_vNi_xM_yN_zO_2$ で示されるものであって、Aはアルカリ金属から選ばれた少なくとも一種、例えば L_i , Na, Kであり、中でも L_i が好ましい。wの値は充電状態、放電状態により変動し、その範囲は $0.05 \leq w \leq 1.2$ である。即ち充電によりAイオンのディンターカレーションが起こりwの値は小さくなり、放電によりAイオンのインターカレーションが起こりwの値は大きくなる。

【0024】また、PはMg, B, P, Inから選ばれた少なくとも1種であって、好ましくは、Mgであり、さらに好ましくはMgとPの組合せである。Nの量を表わすvの値は充電、放電により変動しないが、 $0.0001 \leq v \leq 0.02$ の範囲である。vの値が 0.0001 未満の場合、Nの効果が充分発揮されず、高容量を得るために深い充電、深い放電におけるサイクル性が悪く、容量も低下し、好ましくない。また、vの値が 0.2 を越える場合には容量が低下して好ましくない。MgとPの組合せにおけるMg/Pの原子比は、 0.1 以上、 1.2 以下が望ましい。

【0025】また、Ni量を表わすxの値は $0.5 \leq x \leq 0.95$ の範囲である。xの値が 0.5 未満の場合、容量は著しく低下し、好ましくない。また、xの値が 0.95 を越える場合には深い充電、深い放電におけるサイクル性が悪く、好ましくない。

【0026】MはMn, Co, Alから選ばれた少なくとも1種であり、yの値は充電状態、放電状態により変動せず、その範囲は $0.005 \leq y \leq 0.5$ である。yの値が 0.005 未満の場合、Mの効果が充分発揮され

ず、深い充電、深い放電におけるサイクル性が悪く好ましくない。また、yの値が0.2を越える場合には容量が低下し、さらに電圧が低下するため好ましくない。

【0027】NはSi, Al, Ca, Cu, Sn, Mo, Nb, Y, Biから選ばれた少なくとも1種であり、yの値は充電状態、放電状態により変動せず、その範囲は0.15~0.2である。yの値が0.2を越える場合には容量が低下し、さらに電圧が低下するため好ましくない。

【0028】本発明の新規な電池における正極活性物質の導電剤としてはLcが150Å以上の黒鉛と比表面積が50m²/g以上のカーボンブラックとの混合物を使用することを特徴とする。黒鉛のみ、あるいはカーボンブラックのみの添加では、電極の内部抵抗が高く良好な電池特性が得られない。Lcが150Å未満の黒鉛を使用した場合、電子伝導性が低く良好な電池特性が得られない。また、比表面積が50m²/g未満のカーボンブラックを使用した場合も、電極の内部抵抗が高くなるため、良好な電池特性が得られない。

【0029】本発明の新規な電池における負極活性物質の少なくとも一種はアルカリ金属と化合物を形成する元素とアルカリ金属と化合物を形成しない元素とを含む炭素材料であり、アルカリ金属と化合物を形成する元素として、鉛、錫、アルミニウム、珪素、インジウム、ガリウム、銀、ほう素、マグネシウムからなる群より選ばれた少なくとも一つ以上の元素を含み、好ましくは、鉛、錫、アルミニウム、珪素、銀、ほう素であり、さらに好ましくは、錫、アルミニウム、珪素、銀であり、最も好ましくは、錫、銀である。アルカリ金属と化合物を形成しない元素としては、鉄、銅、コバルト、ニッケル、リン、硫黄、セレンからなる群より選ばれた少なくとも一つ以上の元素を含み、好ましくは、鉄、銅、コバルト、リン、硫黄であり、さらに好ましくは、鉄、銅、リン、硫黄であり、最も好ましくは鉄、銅である。

【0030】アルカリ金属と化合物を形成する元素とアルカリ金属と化合物を形成しない元素とは、単体、金属間化合物、酸化物のうちの少なくとも一つもしくはこれらの複数個の組合せで前記炭素材料上に存在することを特徴とする。例えば、アルカリ金属と化合物を形成する元素として錫を含む場合、錫単体でも、錫を含む酸化物でもよく、錫を含む金属間化合物でもよい。錫の場合、好ましくは錫を含む酸化物であり、特に非晶質が望ましい。銀の場合、好ましくは銀単体もしくは銀を含む金属間化合物がよい。

【0031】また、アルカリ金属と化合物を形成しない元素として銅を含む場合、銅単体でも、銅を含む酸化物でもよく、銅を含む金属間化合物でもよい。銅の場合、好ましくは、銅単体もしくは銅を含む金属間化合物がよく、特に銀と銅の金属間化合物が望ましい。また、リンや硫黄の場合、リンや硫黄単体でも、リンや硫黄を含む

酸化物でも、リン酸塩、硫酸塩でも、リンや硫黄を含む金属間化合物でもよい。

【0032】アルカリ金属と化合物を形成する元素とアルカリ金属と化合物を形成しない元素とは、無電解メッキプロセス、あるいは電解メッキプロセス、あるいはドライプロセスにより、粒径が1000Å以下の粒子状にして炭素材料に担持させることにより、上記元素の効果が十分に発揮される。粒径が1000Åよりも大きい場合、アルカリ金属と化合物を形成する元素がアルカリ金属を挿入、放出する際の体積変化が大きいために崩壊、脱落してサイクル寿命が短い。

【0033】負極活性物質としては、グラファイト、熱分解グラファイト、炭素繊維、気相成長炭素質材料、ビッチ系炭素質材料、コークス系炭素質材料、フェノール系炭素質材料、レーヨン系炭素質材料、ポリアクリロニトリル系炭素質材料、グラッシャーカーボン、カーボンブラック、フルフリルアルコール系炭素質材料、ポリバラフエニレン等導電性材料からなる群より選ばれた低結晶性炭素、高結晶性炭素のうちの少なくとも一つあるいはこれらを複数個組合せた炭素材料を含むことにより、本発明の電池は良好な特性を示す。

【0034】電解液としては、例えばプロピレンカーボネート、プロピレンカーボネート誘導体、エチレンカーボネート、ブチレンカーボネート、ビニレンカーボネート、ガムマーブチルラクトン、ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、メチルエチルカーボネート、1,2-ジメトキシエタン、2-メチルテトラヒドロフラン、ジメチルスルフォキシド、1,3-ジオキソラン、ホルムアミド、ジメチルホルムアミド、ジオキソラン、アセトニトリル、ニトロメタン、ギサンメチル、酢酸メチル、プロピオン酸メチル、プロピオン酸エチル、リン酸トリエステル、トリメトキシメタン、ジオキソラン誘導体、ジエチルエーテル、1,3-プロパンサルトン、スルホラン、3-メチル-2-オキサゾリジノン、テトラヒドロフラン、テトラヒドロフラン誘導体、ジオキソラン、1,2-ジエトキシエタン、また、これらのハロゲン化物などからなる群より選ばれた少なくとも一つ以上の非水溶媒とリチウム塩、例えばLiClO₄、LiBF₄、LiPF₆、LiCF₃SO₃、LiCF₃CO₂、LiAsF₆、LiSbF₆、LiB₁₀Cl₁₀、LiAlCl₄、LiCl、LiBr、LiI、低級脂肪族カルボン酸リチウム、クロロボランリチウム、四フェニルホウ酸リチウムなどからなる群より選ばれた少なくとも一つ以上の塩との混合溶液、また、これらの混合溶液とポリマー、例えばポリアクリロニトリル、ポリエチレンオキサイド、ポリフッ化ビニリデン、ポリメタクリル酸メチル、ヘキサフロロプロピレンからなる群より選ばれた少なくとも一つ以上とを混合したゲル状電解液を用いることにより、本発明の電池は良好な特性を示す。

【0035】本発明の可逆的に充放電が可能な電池の用

途は、特に限定されないが、例えばノートパソコン、ペン入力パソコン、ポケットパソコン、ノート型ワープロ、ポケットワープロ、電子ブックプレーヤー、携帯電話、コードレスフォン子機、ペーパーレス、ハンディーターミナル、携帯コピー、電子手帳、電卓、液晶テレビ、電気シェーバー、電動工具、電子翻訳機、自動車電話、トランシーバー、音声入力機器、メモリーカード、バックアップ電源、テープレコーダー、ラジオ、ヘッドホンステレオ、携帯プリンター、ハンディークリーナー、ポータブルCD、ビデオムービー、ナビゲーションシステムなどの機器用の電源や、冷蔵庫、エアコン、テレビ、ステレオ、温水器、オープン電子レンジ、食器洗い器、洗濯機、乾燥器、ゲーム機器、照明機器、玩具、ロードコンディショナー、医療機器、自動車、電気自動車、ゴルフカート、電動カート、電力貯蔵システムなどの電源として使用することができる。また、民生用の他、軍需用、宇宙用としても用いることができる。

【0036】即ち、負極活物質の少なくとも一種に、アルカリ金属と化合物を形成する元素とアルカリ金属と化合物を形成しない元素とを含む炭素材料を用い、かつ、正極活物質の少なくとも一種に、一般式 $A_w P_v N_i x M_y N_2 O_2$ (但しAはアルカリ金属から選ばれた少なくとも1種であり、PはMg, B, P, Inから選ばれた少なくとも1種であり、MはMn, Co, Alから選ばれた少なくとも1種であり、NはSi, Al, Ca, Cu, Sn, Mo, Nb, Y, Biから選ばれた少なくとも1種を表わし、w, v, x, y, zはそれぞれ0.05≤w≤1.2, 0.0001≤v≤0.2, 0.5≤x≤0.95, 0.005≤y≤0.5, 0≤z≤0.2の数を表わす)で示される複合酸化物を使用することにより、高容量化、長寿命化、充放電時における過電圧の低下を達成でき、かつ、過充電時において爆発、発火のない安全性の高い電池が得られる。

【0037】また、正極活物質の導電剤としてLiが150Å以上の黒鉛と比表面積が50m²/g以上のカーボンブラックとの混合物を使用することにより、急速充電特性が大幅に改善され、特に、低温でのレート特性に優れた電池が得られる。本発明の電極及びこれを用いた電池を種々のシステムに使用することにより、システムのコンパクト化及び軽量化が図れる。加えて、低温でのハイレートの放電が必要なシステムへの適用が可能となる。

【0038】具体的に本発明の正極活物質の作用を述べる。

【0039】Mn, Co, AlはNiに比べて酸化し難いため、これらのピラー効果により長寿命化が図れる。ピラー効果とは、特定の元素に関し、それ自身が充放電において酸化還元反応に関与しない、即ち、変化を伴わないことから、結晶内でビン止めとなって結晶構造のストレスを抑制する効果のことを言う。Mg, Mo, C

u, Al, Ca, Siは正極活物質の電気伝導性を高める作用があるため、充放電時における過電圧を低下させることができる。

【0040】また、B, P, Siはイオン半径が小さいため、これらの置換により正極活物質の格子体積を収縮させ、充電時の格子体積の膨張による崩壊を抑制して寿命を延長させることができる。B, Pは格子間位置に存在するためB, Pの置換による容量の低下がなく、高容量を維持できる。Si, In, Sn, Mg, Ca, Biによる置換は結晶中で欠陥を生じやすいため、高容量化を図れるほか、レート特性の改善にも効果がある。Mg, P, Al, B, Si, Y, Nb, Caは酸素放出能が低く、酸化物として安定に存在するため、高温での安全性を改善できる。

【0041】また、Mg, P, Si, Caは主となる構成イオンであるNiやLiと異なる価数をとり、格子間位置に挿入されるため、結晶内での電子構造が変化し、電気伝導性の向上が期待されることから、電極の内部抵抗の低下による過電圧の低下や、レート特性、温度特性の改善、さらには高容量化が図れる。また、MgはLiイオンよりもイオン半径が小さいため、これのLiサイトへの置換により正極活物質の格子体積を収縮させ、充電時の格子体積の膨張による崩壊を抑制して寿命を延長させることができる。さらにMgはLiサイトへの置換によりLiが放出した後のピラー効果があることから、充電末期に起る格子の収縮が抑制され、格子のストレスがほとんどなく、過充電を行っても長寿命化を図れる。

【0042】次に本発明の導電剤の作用を述べる。Liが400Å以上の黒鉛は電子伝導度が高いので、これの添加によって電極自体の電子伝導性が高まる。さらに比表面積が50m²/g以上のカーボンブラックは、正極活物質を集電体に固定するために用いられる接着剤を細孔内部に取り込むため、電極が絶縁性の高い接着剤に覆われることがなく、電子伝導性が高まる。これら二種類のカーボンの添加により、電子伝導性はさらに高まり、従来難しいとされてきた低温でのハイレート放電が可能となる。

【0043】次に本発明の負極活物質の作用を述べる。過充電時には、アルカリ金属と化合物を形成する元素とLiとの反応により、炭素材料でのLiの樹枝状析出の生成を抑制でき、爆発や発火の少ない安全性の高い電池が得られる。また、過放電時には、Liとの反応によって得られた上記の化合物からのLiの放出反応により、炭素材料における電解液の還元反応を防止し、正極活物質の劣化を抑制して長寿命化できる。

【0044】さらに、アルカリ金属と化合物を形成しない元素を含むことにより、アルカリ金属と化合物を形成する元素を炭素材料上に比較的容易に、1000Å以下の粒子状に高分散させることができることが実験的に確

認されている。1000 Å以下の粒子状に高分散させることの効果は、アルカリ金属と化合物を形成する元素におけるLiの挿入、放出時の膨張、収縮のストレスを緩和させ、寿命を大幅に延長できることにある。また、本発明で示した元素を炭素材料へ担持することにより、炭素材料の電子構造を変化させることができる。これにより、層内に残存するLiの静電的なトラップを解除させることができ、Liの放出が容易になる。これによりほぼ理論容量に相当する容量が得られ、かつ、不可逆な容量損失が低減できる。

【0045】アルカリ金属と化合物を形成する元素としては鉛、錫、アルミニウム、珪素、インジウム、ガリウム、銀、ほう素、マグネシウムがサイクル可逆性に優れるためによい。アルカリ金属と化合物を形成しない元素としては、鉄、銅、コバルト、ニッケル、リン、硫黄、セレンが、アルカリ金属と化合物を形成する元素を容易に高分散できる。中でも銀、錫、銅、アルミニウムの単体あるいは金属間化合物は電気伝導性を向上させる効果もあるため、レート特性や温度特性の改善に効果がある。リン酸塩や硫酸塩、酸化物を含む場合にはこれらのマトリックスの存在により、Liの挿入、放出時の膨張、収縮のストレスを緩和でき、長寿命化できる。

【0046】本発明の負極活物質と正極活物質の組合せの作用を述べる。本発明の正極活物質を用いた場合に問題となる低温での過充電時の安全性を本発明の負極活物質を組み合わせることにより改善できる。過充電状態において、負極に析出した金属状のLiが多い場合、析出したLiと本発明の正極活物質とが急激に反応し、低温において膨大な熱が発生して、発火、爆発に至る。従来の炭素材料、例えば天然黒鉛やメソフェーズピッチ系黒鉛を負極に用いた場合、室温における過充電では、本発明の正極活物質と組合せても、発火、爆発には至らないが、低温、特に10°C以下においては、炭素表面に金属状のLiが析出しやすくなり、析出したLiと反応して発火、爆発する。本発明の負極活物質は10°C以下においても金属状のLiが析出しないため、低温での過充電においても、発火、爆発が抑制できる。

【0047】また、本発明の負極活物質と正極活物質の組合せにより、過放電時の容量低下がなく、過放電特性が大幅に改善される。従来の炭素材料、例えば天然黒鉛やメソフェーズピッチ系黒鉛を負極に本発明の正極活物質を正極に用いた場合、過放電では、炭素材料上において電解液が分解し、生成した分解物が本発明の正極活物質上で反応して正極活物質が劣化する。

【0048】本発明の負極活物質では過放電時の炭素材料上における電解液の還元反応が抑制できるため、正極活物質の劣化がなく長寿命化できる。さらに、本発明の負極活物質を用いた場合に問題となる低温特性と低温でのレート特性を本発明の正極活物質を組み合わせることにより改善できる。従来の正極材料、例えば、 $A_xM_yN_zO_2$ (Aはアルカリ金属から選ばれた少なくとも1種であり、Mは遷移金属であり、NはAl, In, Snの群から選ばれた少なくとも1種を表わし、 $0.05 \leq x \leq 1.10$, $0.85 \leq y \leq 1.00$, $0.001 \leq z \leq 0.10$) を用いた場合、低温、特に-20°C以下において正極活物質の電気伝導性が著しく低下するため、正極の容量が著しく低下する。これにより、負極の作動電位が設計値から大幅に外れるため、Liの析出領域や、電解液の分解領域に到達して、電池の充放電ができなくなる。

【0049】本発明の正極活物質では電気伝導度が高く、特に低温側で電気伝導度が上昇する金属的な挙動を示す。さらに、本発明の正極活物質及び導電剤と組み合わせることにより、-20°C以下の急速放電においても室温とほぼ同じ容量が得られ、負極の作動電位が設計値から大幅に外れて、Liの析出領域や、電解液の分解領域に到達するといった支障は起こらず、特に低温でのレート特性が大幅に向上する。

【0050】本発明の正極及び負極と電解液との組合せとしてリチウム塩にLiClO₄, LiBF₄, LiPF₆, LiCF₃SO₃, LiCF₃CO₂, LiAsF₆, LiSbF₆, LiB₁₀Cl₁₀, LiAlCl₄, LiCl, LiBr, LiI, 低級脂肪族カルボン酸リチウム、クロロボランリチウム、四フェニルホウ酸リチウムを用いた場合、温度特性で優れた特性を示す。特にLiBF₄, LiPF₆, LiCF₃SO₃, LiCF₃CO₂のうち少なくとも一つを用いた場合、60°Cに放置しても本発明の正極活物質中のM元素の溶出が抑制されるため、高温特性に優れた効果を發揮する。

【0051】また、本発明の正極及び負極と電解液との組合せとして溶媒にプロピレンカーボネート、プロピレンカーボネート誘導体、エチレンカーボネート、ブチレンカーボネート、ビニレンカーボネート、ガンマーブチルラクトン、ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、メチルエチルカーボネート、1, 2-ジメトキシエタン、2-メチルテトラヒドロフラン、ジメチルスルフォキシド、1, 3-ジオキソラン、ホルムアミド、ジメチルホルムアミド、ジオキソラン、アセトニトリル、ニトロメタン、ギサンメチル、酢酸メチル、プロピオン酸メチル、プロピオン酸エチル、リン酸トリエチル、トリメトキシメタン、ジオキソラン誘導体、ジエチルエーテル、1, 3-プロパンサルトン、スルホラン、3-メチル-2-オキソジノン、テトラヒドロフラン、テトラヒドロフラン誘導体、ジオキソラン、1, 2-ジエトキシエタンを用いた場合、寿命特性で優れた特性を示す。特にプロピレンカーボネート、プロピレンカーボネート誘導体、エチレンカーボネート、ブチレンカーボネート、ビニレンカーボネート、ガンマーブチルラクトン、ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、メチルエチルカーボネート、1, 2-ジメトキシエタン、

2-メチルテトラヒドロフラン、ジメチルスルフォキシドのうち少なくとも一つを用いた場合、本発明の負極活物質と溶媒との不可逆な反応が抑制されるため、寿命特性に優れた効果を発揮する。

【0052】さらに、本発明の正極及び負極と電解液との組合せとして溶媒に上記溶媒のハロゲン化物を含むことにより、安全性は著しく改善される。特にプロピレンカーボネート、プロピレンカーボネート誘導体、エチレンカーボネート、ブチレンカーボネート、ビニレンカーボネート、ガムマーブチルラクトン、ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、メチルエチルカーボネート、1, 2-ジメトキシエタン、2-メチルテトラヒドロフラン、ジメチルスルフォキシドの一部の元素を-F, -CF, -CF₂, -CF₃, -C₁, -CC₁, -CC₁₂, -CC₁₃で置き換えたもののうち少なくとも一つを用いた場合、本発明の正極活物質と溶媒との過充電条件下での発熱反応が抑えられ、発火の確立が著しく低下し、高安全性を示す。

【0053】本発明の正極及び負極と電解液との組み合わせとして上記のリチウム塩と溶媒との混合溶液にポリアクリロニトリル、ポリエチレンオキサイド、ポリフッ化ビニリデン、ポリメタクリル酸メチル、ヘキサフロロプロピレンからなる群より選ばれた少なくとも一つ以上とを混合したゲル状電解液を用いた場合、本発明の正極活物質とゲル電解液との過充電条件下での発熱反応が抑えられ、発火の確立が著しく低下し、高安全性を示す。また、本発明の正極活物質とゲル電解液と組合せでは4.5Vの高電位においても、本発明の正極活物質において充電が可能であることから、高容量化が図れる。

【0054】

【発明の実施の形態】以下具体例をあげ、本発明をさらに詳しく説明するが、発明の主旨を越えない限り、本発

明は実施例に限定されるものではない。

【0055】(実施例1) 正極材料として表1に示した組成の材料を使用し、導電剤として表1に示したしの黒鉛と比表面積のカーボンブラック5:1を結着剤としてポリフッ化ビニリデンを重量比で88:7:5となるように秤量、らいかい機で30分混練後、厚さ20ミクロンのアルミ箔の両面に塗布した。負極材料として表1に示した組成の材料を使用し、これを93重量%、結着剤としてポリフッ化ビニリデンを7重量%調製した合剤を用い、厚さ20ミクロンの銅箔の両面に塗布した。正負両極はプレス機で圧延成型し、端子をスポット溶接した後150°Cで5時間真空乾燥した。微多孔性ポリプロピレン製セパレーターを介して正極と負極を積層し、これを渦巻状に捲回し、アルミ製の電池缶に挿入した。負極端子は電池缶に、正極端子は電池蓋に溶接した。電解液には1molのLiPF₆を1リットルのエチレンカーボネートとジエチルカーボネートの混合溶液に溶解したものを使用し、電池缶内に注液した。電池蓋をかしめて1800mAh容量の円筒型電池を作製した。電池は360mAで4.2Vまで充電後、360mAで2.7Vまで放電する定電流充放電を行い、容量、寿命、-20°Cでの1.5Cのレート特性、-20°Cでの2Cの過充電試験を評価した。結果を表1に示す。

【0056】(比較例1) 正極材料、負極材料及び導電剤として表1に示す材料を使用し、実施例1と同様にして電池を作製した。容量、寿命、-20°Cでの1.5Cのレート特性、-20°Cでの2Cの過充電試験を評価した。結果を表1に示す。実施例1と比較して極端に低い特性が存在する。

【0057】

【表1】

表 1

負極活性物質組成	正極活性物質組成	電圧		充電電圧 (V)	充電時間 (回)	容量 (mAh)	平均放電電圧 (V)	充電 (V)	-20°C 容量 (%)	-20°C 充電電圧 (%)
		負極 L ₁ (A)	カーボンブラック 比表面積 (m ² /g)							
比較例1 51Ag-5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.7} Co _{0.3} Mo _{0.2} 0 ₂	220	65	1800	3.73	570	3.77	22	5.1	5.1
" 51Sn-5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.7} Fe _{0.2} Mo _{0.2} 0 ₂	220	65	1820	3.75	580	3.85	25	2.5	2.5
" 51Pb-5%Cu-低活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	150	65	1950	3.73	45	3.81	61	6.3	6.3
" 51Al-5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	350	65	1930	3.74	590	3.86	66	8.1	8.1
" 51Si-5%Cu-低活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	420	65	1910	3.76	650	3.82	62	1.3	1.3
" 51In-5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	580	65	1880	3.75	610	3.80	60	2.6	2.6
" 51Ge-5%Cu-低活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	830	55	1910	3.77	610	3.80	90	8.0	8.0
" 51B-5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	1000	55	1920	3.77	540	3.81	91	2.1	2.1
" 51Mn-5%Cu-低活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	470	270	1860	3.73	550	3.80	90	4.2	4.2
" 51SnO ₂ -5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	420	50	1920	3.77	650	3.82	92	1.5	1.5
" 51SnO ₂ -5%Cu-低活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	420	80	1860	3.73	520	3.81	91	1.3	1.3
" 50Si-5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	420	100	1900	3.74	560	3.81	91	5.2	5.2
" 50Mn ₂ Si-5%Cu-低活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	420	1250	1890	3.73	570	3.85	85	3.1	3.1
" 50Ag-5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	420	65	1920	3.76	520	3.82	82	2.5	2.5
" 50Al ₂ O ₃ -5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	420	65	1910	3.78	530	3.85	82	5.5	5.5
" 50Ag-5%FeO-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	420	65	1930	3.75	550	3.80	80	4.3	4.3
" 50Mn ₂ Si-5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	420	65	1910	3.77	490	3.82	82	3.1	3.1
" 50Ag-5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	420	65	1840	3.76	480	3.80	80	8.5	8.5
" 50SiO ₂ 0.2-5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	420	65	1920	3.78	550	3.82	82	9.2	9.2
" 50Si-5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	420	65	1910	3.76	470	3.80	80	0	0
" 50MnO ₂ 0.1-5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.9} Co _{0.1} Mo _{0.2} 0 ₂	420	85	1850	3.73	480	3.87	87	0.3	0.3
比較例1 55Ag-5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.7} Co _{0.3} Mo _{0.2} 0 ₂	110	65	1920	3.79	490	3.85	65	0.1	0.1
" 55Ag-5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.7} Co _{0.3} Mo _{0.2} 0 ₂	420	10	1970	3.78	550	3.82	62	0.2	0.2
" 55Ag-5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.7} Co _{0.3} Mo _{0.2} 0 ₂	420	全	1950	3.77	570	3.85	65	0.9	0.9
" 高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.7} Co _{0.3} Mo _{0.2} 0 ₂	420	65	1940	3.75	470	3.84	64	1.70	1.70
" 55Ag-5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.7} Co _{0.3} Mo _{0.2} 0 ₂	420	10	1920	3.58	440	4.45	45	1.30	1.30
" 高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.7} Co _{0.3} Mo _{0.2} 0 ₂	420	65	1950	3.71	490	3.67	67	1.30	1.30
" 55Ge-5%Cu-高活性放電	Li _{1+x} Ni _{0.7} Co _{0.3} Mo _{0.2} 0 ₂	420	65	1770	3.59	470	3.74	54	2.5	2.5
" 50S/3 ₂	Li _{1+x} Ni _{0.7} Co _{0.3} Mo _{0.2} 0 ₂	420	55	1920	3.42	270	3.62	62	1.70	1.70

【0058】

【発明の効果】電池及びシステムの高安全性とコンパク

ト化及び軽量化、低温での良好なハイレート特性と長寿命化を実現できる。

フロントページの続き

(72)発明者 村中 廉

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内